



КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ

Методичні вказівки до виконання курсової роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітніх програм «Електроніка», «Автомобільна електроніка»
галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
спеціальності 171 Електроніка
денної та заочної форм навчання

УДК 621.382 (07)
К65

Рекомендовано до видання вченою радою факультету КІТ ЛНТУ,
протокол № _____ від « ____ » _____ 2025 року.

Голова вченої ради факультету КІТ _____ Інна КОНДІУС

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Наталія ПОЛЩУК

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри електроніки та телекомунікацій
ЛНТУ, протокол № _____ від « ____ » _____ 20 25 року.

Завідувач кафедри ЕіТК _____ Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ

Укладач: _____ Станіслав ПРИСТУПА, кандидат технічних наук,
доцент кафедри електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

Рецензент: _____ Микола ЄВСЮК, кандидат технічних наук, доцент
кафедри електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ кандидат
технічних наук, доцент, завідувач кафедри електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

К 65
Конструювання електронних пристроїв та систем. Методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітніх програм «Електроніка», «Автомобільна електроніка» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171 Електроніка денної та заочної форм навчання / уклад. С. О. Приступа. Луцьк: ЛНТУ, 2025 44 с.

У методичних вказівках подані рекомендації щодо виконання курсової роботи з дисципліни «Конструювання електронних пристроїв та систем» здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітніх програм «Електроніка», «Автомобільна електроніка» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171 Електроніка денної та заочної форм навчання. Розглянуті вимоги щодо структури, змісту та оформлення курсової роботи.

С. О. Приступа 2025

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	4
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	5
1.3 Мета та завдання курсової роботи	5
2. СТРУКТУРА, ЗМІСТ ТА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ	5
2.1 Вихідні дані до курсової роботи	5
2.2 Обсяг курсової роботи.....	6
2.3 Структура курсової роботи	6
2.4 Пояснювальна записка.....	28
2.5 Зміст графічних матеріалів.....	31
3. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО КУРСОВИХ РОБІТ ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ НАЛЕЖНИЙ СТУПІНЬ УНІКАЛЬНОСТІ РОБІТ.....	32
3.1. Визначення термінів	32
3.2. Забезпечення належного ступеню унікальності текстів.....	33
3.3 Порядок подання апеляцій та їх розгляд	34
4. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ	35
4.1 Критерії оцінювання якості курсової роботи.....	35
4.2 Порядок проведення захисту курсових робіт	35
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	37
ДОДАТКИ	
Додаток А	Форма титульного аркушу на курсову роботу
Додаток Б	Форма бланку завдання на курсову роботу

ВСТУП

У процесі підготовки інженерно-технічних кадрів поряд із традиційними формами та методами навчання необхідно використовувати нові, що сприяють активізації пізнавальної діяльності здобувачів, формуванню самостійності їх мислення та спрямовані на швидку адаптацію молодих фахівців до реальних виробничих умовах. У відповідності до вищесказаного значні можливості представляє курсове проектування.

Курсова робота (проект) – вид навчальної роботи з елементами дослідження, що виконується з метою узагальнення, поглиблення і закріплення знань, одержаних здобувачами освіти за час навчання, та застосування набутих компетентностей для вирішення конкретного фахового завдання.

Курсова робота є важливим змістовним модулем дисципліни «Конструювання електронних пристроїв та систем».

Основна мета курсового проектування – систематизувати, закріпити і поглибити теоретичні і практичні знання та підсилити уміння здобувача використовувати отримані ним у процесі навчання теоретичні знання і практичні навички у вирішенні технічних завдань, що безпосередньо пов'язані з конструюванням засобів електроніки.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Мета та завдання курсової роботи

Метою курсової роботи є систематизація, закріплення та розширення одержаних теоретичних знань, придбання практичних навиків створення, розрахунку і конструювання електронної апаратури відповідно до діючої нормативної документації. В процесі виконання курсової роботи здобувач повинен продемонструвати уміння використовувати теоретичні знання, накопичені в результаті вивчення попередніх дисциплін, для вирішення конкретної конструкторської задачі.

Особлива увага приділяється вивченню методів практичного конструювання функціональних вузлів електронної апаратури на друкованих платах та ознайомленню з відповідною нормативною конструкторською документацією.

Тематика курсових робіт, порядок їх виконання розробляється науково-педагогічним працівником, розглядається і затверджується кафедрою відповідної спеціальності/освітньої програми.

Здобувачі освіти мають право подавати на розгляд кафедри власні пропозиції щодо теми курсової роботи відповідно до змісту навчальної дисципліни (освітньої компоненти).

2 СТРУКТУРА, ЗМІСТ ТА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Мова виконання і захисту курсової роботи – українська. Курсова робота складається із текстової (пояснювальна записка) і графічної частини.

Пояснювальна записка – текстовий документ, що містить теоретичне обґрунтування, необхідні розрахунки та пояснення до графічних матеріалів. Графічна частина відображає конкретний результат вирішення задачі, що ставиться у завданні на курсову роботу, у вигляді схем, конструкторської та технологічної документації.

Курсова робота відображає індивідуальний підхід здобувача до виконання поставленого завдання, відображає вміння самостійно та творчо вирішувати задачі, з обов'язковим дотриманням діючих стандартів та норм.

2.1 Вихідні дані до курсової роботи

В якості початкових даних береться або готова схема електрична принципова, її опис з вказівкою номіналів пасивних елементів і типами активних, або приймається схема, що розробляється в проектах по інших дисциплінах. Передбачається, що складність функціонального вузла така, що він може бути реалізований на односторонній або двосторонній друкованій платі.

2.2 Обсяг курсової роботи

Обсяг курсової роботи має бути в межах 25...30 сторінок друкованого тексту (шифр Times New Roman, 14, через 1,5 інтервал), не враховуючи списку літератури та додатків в яких можуть бути представлені інші текстові документи – протоколи, акти тощо. Всі текстові документи зшиваються разом з пояснювальною запискою у єдиний том.

Обов'язковий графічний матеріал до курсової роботи складається з креслень або слайдів презентації які повинні займати площу як 1 аркуш формату А1.

2.3 Структура курсової роботи

Пояснювальна записка оформлюється відповідно до вимог діючих стандартів на текстові документи (ДСТУ 3.1127:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів; ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення») на аркушах білого кольору формату А4 друком за допомогою принтера. Текст пояснювальної записки має бути стислим, чітким та не допускати різноманітних тлумачень. Мають застосовуватися науково-технічні терміни, позначення та визначення, які встановлені відповідними стандартами, а за їхньої відсутності – загальноприйнятні для науково-технічної літератури [1].

Пояснювальна записка умовно поділяється на вступну, основну частини і додатки.

Вступна частина:

- титульний аркуш;
- завдання на курсову роботу;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів та скорочень.

Основна частина:

- вступ;
- розділи курсової роботи;
- загальні висновки;
- перелік інформаційних джерел.

Додатки:

- Додаток А. ...
- Додаток Б. ...

Титульний аркуш і завдання на курсову роботу виконуються згідно затверджених форм (додаток А, Б).

Анотація розміщують за Завданням на наступній сторінці.

Анотація – це скорочений виклад змісту курсової роботи із зазначенням основних результатів та висновків, який повинен бути коротким та лаконічним і містити відомості, що дозволяють зрозуміти суть виконаної роботи (проекту). Анотація повинна містити наступні елементи:

- кількість сторінок пояснювальної записки, розділів, ілюстрацій, таблиць, інформаційних джерел, додатків;

- текст анотації;

- перелік ключових слів.

Текст анотації відображає подану в роботі інформацію у такій послідовності:

- об’єкт проектування та мета роботи (проекту);

- методи і засоби: (вказати які методи і технічні засоби використовувалися в процесі виконання роботи (проекту));

- основні конструктивні, технологічні та техніко-експлуатаційні характеристики та показники;

- результати роботи (проекту);

- рекомендації щодо використання результатів роботи (проекту).

Якщо деякі із зазначених відомостей цього переліку відсутні, усі інші відомості подають, зберігаючи послідовність викладення інформації.

Реферат необхідно подавати на одному аркуші формату А4.

Ключові слова, що є визначальними для розкриття суті курсової роботи, розташовують після тексту реферату. Перелік ключових слів повинен містити від 5 до 10 слів (словосполучень), спочатку розташовуються слова, потім словосполучення, надруковані прописними літерами у називному відмінку в рядок через коми.

Зміст розташовують з нової сторінки. До змісту включають: вступ; послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, висновки; перелік інформаційних джерел; назви додатків.

Перелік умовних позначень, символів, скорочень має містити розшифрування малопоширених та прийнятих в роботі позначень, символів та скорочень. Перелік вміщують безпосередньо після змісту, розташовуючи з нової сторінки.

Незалежно від наявності переліку умовних позначень, після першої появи цих елементів у тексті наводять їх розшифрування.

Вступ, як і усі розділи, починається з нової сторінки. У вступі обґрунтовується актуальність теми курсової роботи.

Вступ включає в себе:

- характеристику об’єкту розробки;

- мету розробки;

- задачі, які підлягають вирішенню;

- загальну характеристику методів аналізу чи дослідження, що застосовуються в роботі.

Суть розділів пояснювальної записки – викладання відомостей про об’єкт розробки, які необхідні і достатні для розкриття сутності даної роботи та її

результатів.

Розділи пояснювальної записки повинні бути об'єднані загальною метою, пов'язані між собою та з графічною частиною.

Виклад матеріалу повинен чітко відображати творчий вклад здобувача у вирішенні поставленої задачі. Вибір методів дослідження, способів розрахунку та прийнятих рішень має бути обґрунтований.

Кожен розділ починається з нового аркуша.

Перелік розділів курсової роботи наступний:

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

1.1 Конструкторський аналіз схеми електричної принципової

Основними даними для конструювання будь-якої радіоелектронної апаратури (РЕА) є технічне завдання (ТЗ) і схема електрична принципова (ЕС).

Конструкторський аналіз початкових даних – початок творчої роботи конструктора. На даному етапі конструктор повинен уявити собі первинний образ конструкції виробу, що розробляється. Аналіз рекомендується виконувати в наступній послідовності:

- провести аналіз вимог ТЗ;
- виконати аналіз схем ЕЗ, з'ясувати принцип роботи виробу;
- провести аналіз елементної бази.

В цьому розділі проводиться опис електричної функціональної (структурної) та принципової схем. Необхідно перелічити всі наявні вузли / блоки, які входять до розробки, розшифрувати аббревіатури; охарактеризувати призначення кожного вузла; пояснити взаємодію їх між собою; описати роботу пристрою в цілому, посилаючись на часові діаграми, алгоритм роботи або схему програми, пояснити, яким чином кожний функціональний елемент реалізовано на принциповому рівні. Необхідно звернути увагу на особливості використання та підключення елементів.

Одним з основних конструкторських документів на РЕА є схема електрична принципова (ЕС). Схема електрична принципова визначає повний склад радіоелементів і зв'язки між ними. Вона дозволяє мати повне уявлення про принцип роботи електронного засобу електроніки і служить підставою для розробки інших конструкторських документів (складальне креслення, креслення для електромонтажу, схем з'єднань, креслень друкованих плат тощо). Ці схеми також використовуються для вивчення принципів роботи виробів при їх налагодженні, контролі та ремонті.

Аналіз схеми електричної принципової обов'язково повинен передувати компонувальним роботам і рекомендується проводити в наступній послідовності:

- з'ясування призначення і функціонування схеми, зіставлення умов експлуатації і технічних умов на використання елементів, бази;

- виділення найкритичніших елементів по електромагнітній сумісності і тепловому режиму;
- аналіз органів керування, індикації і приєднання, виділення модулів згідно функціонально-вузловому принципу;
- аналіз зв'язків між модулями;
- виявлення настановних і приєднувальних розмірів елементної бази.

Аналіз призначення електричної принципової схеми конкретизує електричні і технічні параметри виробу, вивчення особливостей функціонування ЕС, пояснює особливості і зв'язки проектного виробу з іншими пристроями, модулями і людиною-оператором.

В процесі аналізу ЕС доцільно встановити робочі частоти, визначити елементи і вузли, чутливі до паразитних наведень, які, у свою чергу, можуть бути джерелами перешкод, а також зробити висновки про доцільність екранування.

Необхідно з'ясувати, які органи керування і індикації повинні бути винесені на лицьову панель, які з елементів і приладів є найважчими і вимагають спеціального кріплення, які елементи є теплонавантаженими. Слід також визначити, якими елементами зовнішнього електричного зв'язку виріб сполучений з іншими пристроями, встановити наявність високовольних кіл з тим, щоб, з одного боку, забезпечити електричну міцність, а з іншого – безпеку роботи оператора. На підставі виконаного аналізу необхідно з'ясувати принцип роботи конструйованого виробу.

Аналіз органів керування, індикації і приєднання ЕС дозволяє уточнити вимоги до конструкції РЕА відповідно до основного призначення виробу. В процесі аналізу органів керування і індикації слід вивчити можливість застосування новітніх перспективних елементів керування і відображення.

При аналізі схеми виявляються основні вимоги до конструктивних параметрів, які забезпечують необхідну точність, стабільність, надійність та швидкодію.

Особлива увага надається аналізу паразитних зв'язків і наведень між електричними колами вузла та забезпеченню його теплового режиму. Такий аналіз ЕС дозволяє в процесі конструювання електромонтажу розрахувати допустимі параметри електричних довгих і коротких ліній.

У описі схеми повинне бути вказане призначення її активних і пасивних елементів та їх ролі в забезпеченні заданого функціонування вузла.

1.2 Вибір та обґрунтування елементної бази

В процесі вибору елементної бази РЕА слід враховувати її основні технічні характеристики, умови експлуатації, конструктивні особливості і вартість. Міркування, приведені на користь конкретного вибраного елемента, повинні бути проаналізовані та висловлені в ПЗ.

Мета аналізу елементної бази полягає в тому, щоб встановити, чи відповідає елементна база заданим характеристикам конструйованого виробу за передбачених ТЗ

умов експлуатації і, у разі невідповідності, запропонувати конструктивні методи забезпечення нормального функціонування виробу. При такому аналізі проводиться також оцінка схемної надійності. Зіставлення даних, одержаних на основі аналізу умов експлуатації, з характеристиками елементів дозволяє конструктору зробити обґрунтовані висновки.

При виборі електрорадіоелементів (ЕРЕ) – конденсаторів, резисторів тощо. перш за все, необхідно виходити з вимог схеми і умов експлуатації цих елементів. При підвищенні надійності виробу ЕРЕ бажано ставити в режими, що забезпечують достатній запас по потужності розсіювання, по напрузі не менше 50%.

Умови використання ЕРЕ в апаратурі повинні відповідати технічним умовам на вибраній елемент. Щодо застосування комплектуючих ЕРЕ, настановних і ін. деталей слід дотримуватися таких рекомендацій:

- застосовувати ЕРЕ тільки серійного і масового виробництва, нормалізовані або уніфіковані;
- кількість типоміналів ЕРЕ зводити до мінімуму;
- не застосовувати ЕРЕ, напівпровідникові прилади, мікросхеми в умовах і режимах, що перевищують встановлені ТУ. При виборі ЕРЕ треба пам'ятати про такі характеристики, як надійність, стабільність, точність і вартість.

Порівняння умов експлуатації виробу і технічних умов на використання елементної бази починається з конкретизації технічних умов експлуатації і обмеження їх конструювання РЕА із заданими елементами по довідковій літературі. Порівняння умов експлуатації виробу і технічних умов на використовування елементної бази повинне відобразити основні напрями конструювання РЕА в плані забезпечення нормальної роботи ЕС. На цьому етапі аналізу необхідно вказати можливі конструктивні рішення по захисту від кліматичних зовнішніх дій.

Для вибору елементів слід використовувати галузеві і фірмові довідники і каталоги, а також сайти фірм-виробників.

1.3 Вибір варіантів установки елементів

На цьому етапі здійснюється вибір варіантів установки ЕРЕ з визначенням габаритно-настановних розмірів. Ця процедура потрібна для визначення габаритних розмірів ДП.

Розміщення ЕРЕ на монтажній зоні ДП проводять, враховуючи вибрані варіанти установки, формування їх виводів, варіанти розмітки під монтажні отвори і контактні площадки і дотримуючись деяких правил, що розглядаються нижче.

Спочатку розміщують вхідні і вихідні контактні площадки, визначають зони установки роз'єднувачів і КП для контролю, потім розміщують ЕРЕ.

При монтажі в отвори ЕРЕ встановлюють на ДП з одного боку (для ОДП – з боку, протилежного до провідного малюнка), ЕРЕ з планарними виводами можна розташовувати з двох сторін друкованої плати.

Розміщення проводять покаскадно від входу до виходу, групуючи елементи одного каскаду (особливо розв'язуючі і блокувальні конденсатори) поблизу активного приладу. Функціональні вузли розміщуються на платі окремо один від одного [4, 5]. Це дозволяє, у ряді випадків без прийняття додаткових коштів захисту (введення екранів, екрануючих провідників тощо) значно понизити паразитні зв'язки та наведення.

Умовно схеми можна розділити на п'ять груп [5]:

- чутливі схеми з високим вхідним імпедансом ($|Z| \geq 376,7$ Ом, в яких висока вірогідність виникнення паразитного ємнісного зв'язку);
- чутливі схеми з низьким вхідним імпедансом ($|Z| \leq 376,7$ Ом, в яких висока вірогідність виникнення паразитного індуктивного зв'язку);
- схеми помірної чутливості або схеми, розраховані на помірний рівень споживаної потужності;
- високовольтні схеми;
- схеми, розраховані на великий струм.

Аналогові схеми зазвичай відносяться до перших двох груп, цифрові – до третьої групи, а схеми з'єднання та джерела живлення – до двох останнім. Схеми, що належать до однієї і тієї ж групи, легко об'єднуються і компонується в підсистеми, проте схеми з високим імпедансом слід розташовувати чимдалі від високовольтних схем, а схеми з низьким імпедансом не слід поміщати рядом із схемами, розрахованими на великий струм. Функціональні вузли слід розміщувати так, щоб рівень сигналу зростав з одного кінця ДП до іншого та можна було здійснити розводку кіл живлення від джерел з боку вихідного каскаду (рис. 2.1).

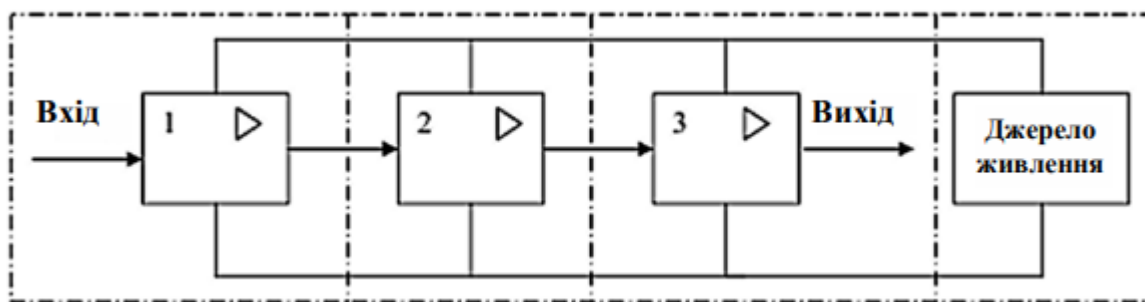


Рисунок 2.1 – Розміщення функціональних вузлів на ДП

В процесі розміщення ЕРЕ на ДП необхідно враховувати наступне:

- не слід розташовувати близько до теплонавантажених елементів напівпровідникові прилади, інтегральні схеми, конденсатори і інші теплочутливі компоненти;
- має бути передбачена можливість легкого доступу до елементів, які підбираються при регулюванні схеми;

– має бути передбачена можливість конвективної тепловіддачі в зоні розташування тепло навантажених елементів;

– масивні і великогабаритні ЕРЕ слід розміщувати поблизу елементів кріплення плати.

Трансформатори, соленоїди і інші електромагнітні пристрої слід встановлювати так, щоб їх магнітні поля були спрямовані перпендикулярно один одному, а самі пристрої знаходилися на максимальній відстані від кабелів. При виборі міжцентрової відстані, висоти і радіусів згинів, необхідно враховувати, що для усіх типів ЕРЕ обмежена мінімальна відстань від корпусу елемента, на якому можна здійснювати вигин виводу та мінімальна відстань від корпусу до місця пайки. Міжцентрова відстань визначається не лише конструкцією компонента, але і його функціональними параметрами. Якщо вказівки про розміри від корпусу ЕРЕ до місця вигину або до місця пайки виводів ЕРЕ відсутні в державних стандартах або технічних умовах, то встановлюються наступні розміри:

– від корпусу ЕРЕ до місця пайки не менше 2,5 мм (для напівпровідникових приладів – не менше 3 мм);

– від корпусу ЕРЕ до осі зігнутого виводу не менше 2 мм;

– для виводів діаметром або завтовшки до 0,5 мм мінімальний внутрішній радіус згину 0,5 мм;

– для виводів діаметром або завтовшки 0,5-1,1 мм мінімальний внутрішній радіус згину 1 мм.

Виводи елементів одного і того ж типорозміру слід згинати на одні і ті ж настановні розміри по їх кратності кроку координатної сітки [2]. Для прямокутних виводів вигин роблять по довгій стороні. Виходячи з вимог технологічності, завжди слід орієнтуватися на застосування стандартизованих варіантів установки ЕРЕ відповідно до ГСТУ 4.010.030-81 або іншими нормативно-технічними документами. Такий підхід дозволяє застосовувати типову технологічну базу для формування виводів компонентів, установки ЕРЕ на ДП, а також зменшити кількість графічних примітивів, використовуваних в САПР друкованих плат.

У разі коли відстані між выводами багатоконтактних ЕРЕ, виводи яких не підлягають формуванню, не кратні кроку координатної сітки, центри отворів під виводи розташовуються за наступними правилами:

– якщо в конструкції навісного елемента є два або більше за виводи, відстані між якими кратні кроку координатної сітки, то центри отворів під ці виводи обов'язково розміщують у вузлах сітки, а центри отворів під інші виводи розташовують згідно з кресленням на цей елемент;

– якщо в конструкції немає виводів, відстані між якими кратні кроку координатної сітки, то у вузлі сітки розташовують центр монтажного отвору, прийнятого за основне, а інші поміщають на вертикальній або горизонтальній лініях сітки, якщо це допускає розташування виводів.

Для автоматичної установки ЕРЕ на ДП слід залишати проміжок між корпусами не менше 1,5 мм в одному з напрямів. Проміжок потрібний також і для поліпшеної ремонтпридатності.

Відстань між осями виводів сусідніх ЕРЕ або осями виводів і корпусами сусідніх ЕРЕ має бути не менше 2,5 мм, мінімальна відстань між корпусами дискретних ЕРЕ 1мм, між корпусами дискретних ЕРЕ і мікросхем – 2 мм (рис. 2.2).

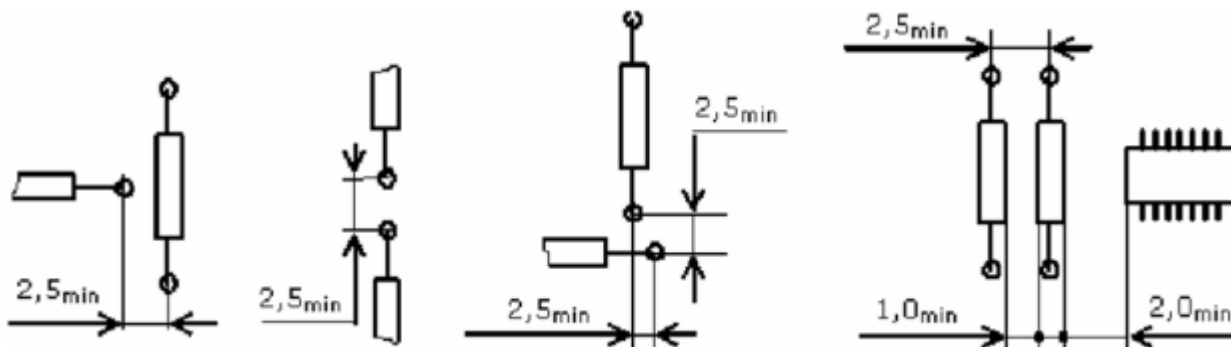


Рисунок 2.2 – Установка елементів на ДП

Крім того, отвори (монтажні, перехідні, кріпильні) в платі треба розташовувати так, щоб відстань між краями отворів була не менше товщини плати, інакше перемичка між отворами матиме малу механічну міцність.

ЕРЕ з корпусами, орієнтованими уздовж одного з напрямів треба розташовувати з урахуванням визначального розміру (наприклад, довгою стороною уздовж напрямку конвекційного потоку повітря) для поліпшення тепловіддачі (рис 2.3, а). Така ж орієнтація ЕРЕ (рис 2.3, а) має бути і при компонованні з урахуванням напрямку механічних дій.

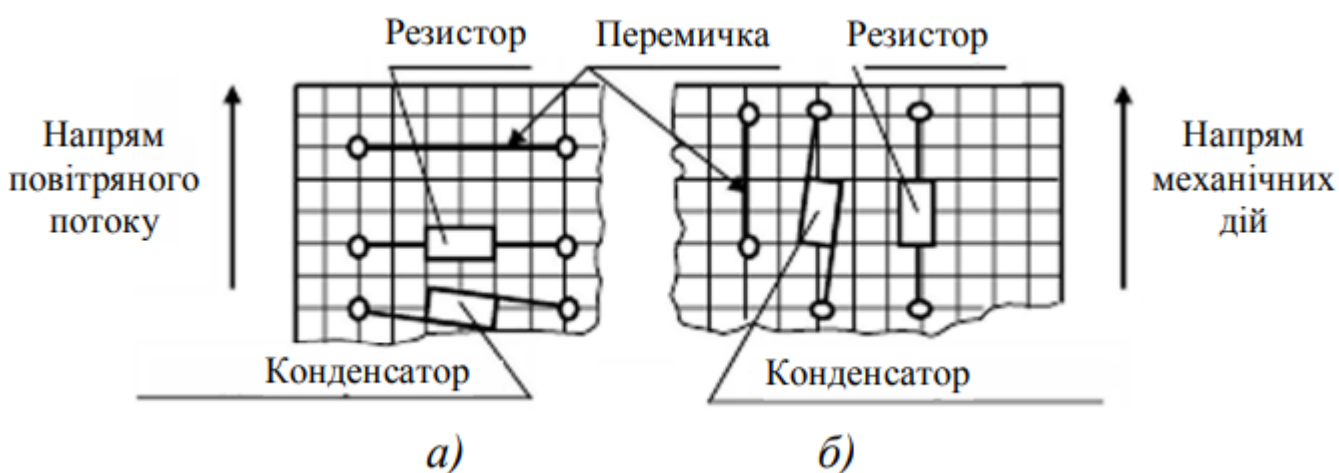


Рисунок 2.3 – Розташування ЕРЕ з урахуванням мінімально допустимих відстаней а - з урахуванням напрямів повітряного потоку і механічних дій; б - без урахування напрямів повітряного потоку і механічних дій

До елементів, що встановлюються на плату, відносять і перемички. Вони служать для з'єднання двох провідників одного кола і застосовуються у випадках: спрощення топологічного малюнка ДП, необхідності зменшення кількості провідних шарів і для можливості роздільного налаштування та регулювання окремих функціональних елементів. У останньому випадку вони встановлюються після завершення вказаних операцій. Перемички розташовують паралельно сторонам плати, аналогічно іншим ЕРЕ, і їх довжина (до місця згину) обов'язково кратна кроку координатної сітки. По конструктивному виконанню перемички можуть бути двох типів: виконані з мідного дроту (покриття – лудіння або сріблення) без ізоляції і з полімерною ізоляцією. Використання перемичок без ізоляції прийнятніше, але їх застосування обмежується односторонніми друкованими платами. Діаметр перемичок, як правило, 0,4-1,2 мм і визначається величиною протікаючого струму. Кількість типорозмірів – зазвичай не більше трьох. Для визначення настановної площі або об'єму елемент замінюють відповідно до рисунка 2.4 еквівалентною фігурою (прямокутником), в який може бути вписаний цей елемент разом з пристроями кріплення і монтажу. Конструкторський аналіз елементної бази полягає у визначенні: маси, габаритних розмірів, настановної площі, діаметру виводів електрорадіоелементів. Маса і габаритні розміри вживаних компонентів впливають на вибір варіанту і місця установки ЕРЕ і способу його додаткового кріплення.

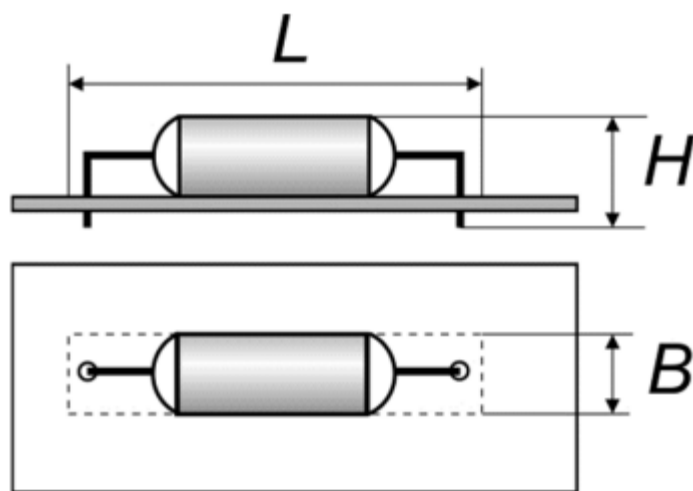


Рисунок 2.4 – Визначення настановної площі або об'єму елементу

Діаметри виводів ЕРЕ потрібні для розрахунку діаметрів монтажних отворів. Габаритні розміри, а точніше настановні площі, дозволяють заздалегідь оцінити площу друкованої плати. Отримані в результаті аналізу дані зручно представляти у формі таблиці 2.1, зразок котрої наведено.

Таблиця 2.1- Перелік елементів схеми та їх характеристики

Тип	Кількість, шт.	Маса, г	Діапазон робочих температур, С°	Габарити $l \times b \times h$, мм	Установча площа $S_{ел.уст.}$ мм ²	Діаметр виводу елемента d_b , мм
К155ЛА3	1	3	-10÷70	20×7,5×5	150	0,6
К73-5	2	1,5	-60÷125	12×5×12	60	0,7
МЛТ- 0,125	5	0,15	-60÷125	10×2,2×2,2	25	0,7
КТ315	2	0,18	-60÷100	20×7,5×5	25	0,95

РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПОВИХ КОНСТРУКТОРСЬКИХ РІШЕНЬ

Цей розділ курсової роботи призначений для обґрунтування вибору кількості шарів, основних розмірів і товщини друкованої плати (ДП); вибору і обґрунтування координатної сітки; розрахунку мінімального діаметру металізованого отвору; розрахунку діаметру контактних майданчиків; розрахунку мінімальної і максимальної ширини друкованих провідників; розрахунку мінімальних відстаней між елементами провідного рисунку; розрахунку паразитної ємності; розрахунку індуктивності і взаємоіндукції; розрахунку опору ізоляції; розрахунку потужності втрат друкованої плати.

Рекомендована структура розділу.

2.1 Вибір типу друкованої плати

По конструкції ДП з жорсткою або гнучкою основою ділиться на типи: односторонні, двосторонні і багатошарові.

Одностороння друкована плата (ОДП) (рис. 2.5) характеризується: можливістю забезпечити підвищені вимоги до точності виконання провідного малюнка; установкою навісних елементів на поверхню плати на стороні, протилежній стороні паяння, без додаткової ізоляції; можливістю використання перемичок з провідного матеріалу, низькою вартістю конструкції.

Двостороння друкована плата (ДДП) (рис. 2.6) без металізованих контактних та перехідних отворів характеризується: можливістю забезпечити високі вимоги до точності виконання малюнка; високими комутаційними властивостями; використанням об'ємних металевих елементного провідного малюнка розташованих на протилежних сторонах плати; низькою вартістю конструкції.

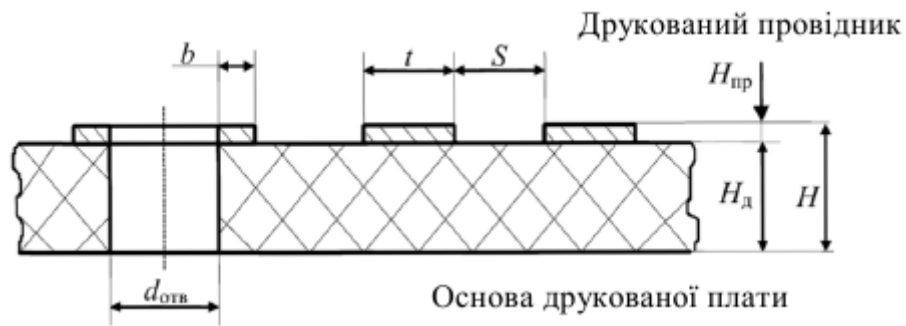


Рисунок 2.5 – Конструкція односторонньої друкованої плати

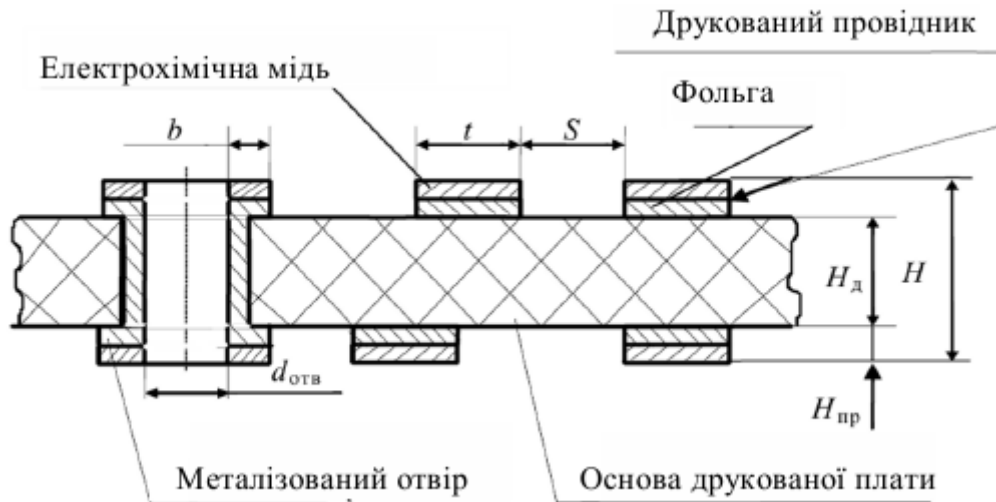


Рисунок 2.6 – Конструкція двосторонньої друкованої плати

Багатошарові друковані плати (БДП) мають найвищі комутаційні властивості, можливість забезпечення високої заводозахисності кіл, проте вартість конструкції вища.

2.2 Вибір класу точності і кроку координатної сітки

По ступені складності апаратура ділиться на п'ять груп.

1. Проста містить до 10 активних ЕРЕ (2-3 ІМС).
2. Нормальної складності – 10-20 активних ЕРЕ (до 5 ІМС).
3. Підвищеної складності – до 50 активних елементів (до 20 ІМС), можливе використання великих інтегральних схем (ВІС).
4. Високої складності – до 100 активних ЕРЕ (до 50 МС), застосування (ВІС).
5. Дуже високої складності – понад 100 активних ЕРЕ (понад 50 ІМС), застосування ВІС та надвеликих інтегральних схем (СВІС).

Виходячи із складності проєктованого пристрою і вживаної елементної бази вибирають клас точності ДП. Відповідно до ДСТУ виділені 5 класів точності, коротка характеристика яких приведена. Клас точності, як одна з характеристик друкованої плати, визначає номінальні, мінімальні, максимальні і точнісні значення елементів

друкованого малюнка і параметрів друкованих плат (діаметри отворів, габаритні розміри тощо). Вибраний клас точності при подальшій розробці може бути змінений, оскільки конструювання є ітераційний процес синтезу через аналіз. Координатна сітка вводить для завдання координат центрів монтажних і перехідних отворів, контактних площинок і інших елементів друкованого малюнка на поверхні ДП і являється найзручнішим способом для вказаних цілей.

Крок координатної сітки – це відстань між лініями координатної сітки. Його значення (для прямокутних координат) встановлені ДСТУ: 2,5; 1,25; 0,625 і 0,5 мм. При виборі кроку сітки керуються наступними міркуваннями: для класів точності 1 і 2, при низькій щільності монтажу, вибирають крок 2,5мм; крок 1,25 мм застосовують у тому випадку, якщо на плату встановлюють багатовивідні елементи з кроком розташування виводів 1,25 мм, оскільки усі монтажні отвори повинні потрапляти у вузли координатної сітки.

Таблиця 2. 2 – Характеристика класів точності

Клас точності	Сфера застосування	Основний матеріал	Тип виробництва
1	Друковані плати з дискретними елементами і низькою щільністю монтажу (1 і 2-а групи складності)	Фольгований гетинакс	Будь-який
2	Друковані плати з дискретними елементами і ІМС із середньою щільністю монтажу (2-4 - а групи складності)	Фольгований склотекстоліт	Усі окрім масового
3	Друковані плати з ІМС і високою щільністю монтажу (3 і 4-а групи складності)	Фольгований склотекстоліт з товщиною фольги 20-35 мкм	Одиничне і мілкосерійне
4,5	Друковані плати з ВІС, СВІС, ІМС і високою щільністю монтажу (5-а група складності)	Термостійкі діелектрики, що труються, з надтонкою фольгою	Одиничне і мілкосерійне

Якщо сітка з номінальним кроком 0,50 мм не задовольняє вимогам конкретної конструкції, то повинна застосовуватися сітка з основним кроком 0,05 мм. Для конкретних конструкцій, використовуваних елементну базу з кроком 0,625 мм, допускається застосування кроку сітки 0,625. Отже при використанні багатовивідних елементів (кількість виводів по одній стороні – більше 24) закордонного виробництва необхідно застосовувати не метричну, а дюймову систему завдання кроку.

2.3 Вибір методу виготовлення друкованої плати

Метод виготовлення друкованих плат суттєво впливає на їх схемоконструкторські та експлуатаційно-економічні характеристики. Метод виготовлення ДП вибирають залежно від складності принципової електричної схеми, конструктивно-технологічних вимог до виробу та оснащеності підприємства, необхідним устаткуванням і

оснащенням. Методи виготовлення друкованої плати відрізняються за способом нанесення зображення друкованих провідників та способом отримання провідного малюнка.

Методи отримання провідного малюнка друкованої плати.

При хімічному методі, заснованому на травленні фольгованого діелектрика, отвори не металізуються. Цей метод простий і забезпечує високу роздільну здатність та щільність монтажу, але мала надійність паяних з'єднань в неметалізованих отворах не дозволяє застосовувати його для виробів, які використовуються в жорстких умовах експлуатації. При хімічному методі не можна одержати двосторонню друковану плату (ДДП) без використання порожнистих заклепок, інших сполучних деталей, які в цілому знижують надійність виробів.

Щоб уникнути відшаровування контактних майданчиків при дії механічних навантажень при хімічному методі виготовлення всі елементи повинні бути встановлені впритул до плати без зазору.

Адитивні і напівадитивні методи виготовлення друкованої плати засновані на використанні нефольгованих матеріалів. Провідне покриття, як правило, з міді, наноситься тільки на певні ділянки заготівки, утворюючи провідний малюнок друкованої плати. Друковані провідники виконуються також з міді, що містить не більш 0,05 % домішки. Мідь володіє високою електропровідністю, але схильна до корозії: провідники з міді вимагають захисного покриття. Значну антикорозійну стійкість і високу електропровідність мають друковані провідники з срібла. Проте висока вартість та обмеженість запасів срібла перешкоджають його широкому застосуванню для друкованої плати.

В напівадитивних методах виконується суцільна металізація діелектричної основи товщиною 5...7 мкм з наступним травленням пробільних міст. Використання адитивних або напівадитивних методів економічніше субтрактивних унаслідок дешевших матеріалів та простішого технологічного циклу виготовлення ДП. Цими методами можна одержати вузькі друковані провідники і елементи, що скорочує витрату міді. Друкована плата, виготовлена цими методами, допускає багатократні перепаювання. Недолік цих методів — велика трудомісткість операцій по підготовці поверхні заготівок для нанесення хімічного покриття.

Комбіновані методи засновані на виготовленні ДП з фольгованих матеріалів. При цьому провідний малюнок одержують, як правило, хімічним методом, а металізацію отворів — хімічним або електрохімічним осадженням. Суть комбінованих методів полягає в отриманні друкованих провідників шляхом травлення фольгованого діелектрика та металізації отворів електрохімічним способом. Залежно від того, на якому етапі здійснюється травлення (до металізації отворів або після металізації), розрізняють відповідно негативний і позитивний методи виготовлення ДП.

При негативному методі травлення виконують на ранніх етапах технологічного процесу. В результаті діелектрична основа на пробільних ділянках піддається тривалій дії розчинів і електролітів, що погіршує зчеплення діелектрика з фольгою.

При позитивному методі діелектрична основа знаходиться в сприятливіших умовах, оскільки фольга оберігає його від дії електролітів. Проте в цьому випадку травлення поверхня металізованих отворів покривається шаром оксидів і солей, що утрудняє процес лудіння отворів припоєм.

Позитивний комбінований метод більш перспективний, ніж негативний унаслідок наступних переваг: виключення можливостей зриву контактних майданчиків при свердленні отворів, не потрібне спеціальне оснащення для проведення металізації отворів, поліпшуються електричні характеристики ДП через зменшення шкідливої дії хімічних реактивів на діелектричну основу і на міцність зчеплення фольги з цією основою. Комбінований позитивний метод забезпечує високу надійність.

При комбінованому методі виготовлення можлива установка елементів із зазором. Установка елементів із зазором в більшості випадків більш переважна, оскільки виключається можливість скупчення вологи і пилу в місцях зіткнення елементів з платою, а при використанні ДДП відпадає необхідність в спеціальних ізоляційних прокладках під елементи. Установку елементів із зазором або без зазору слід проводити тільки після аналізу механічної стійкості конструкції до дії вібрацій і ударів.

Порівняльна характеристика методів виготовлення друкованих плат наведена в таблиці 2.3.

Способи формування зображення малюнка друкованої плати. Найбільш широко застосовуються сіткографічний і фотографічний способи. Сіткографічний спосіб називають шовкографічним унаслідок використання шовкових сіток у виробництві друкованої плати.

Для реалізації цього способу в промисловості є високопродуктивне устаткування для нанесення через сітчастий трафарет резистів, фарб і паст. Недолік сіткографії – в неминучих дефектах при формуванні малюнка друкованої плати.

Використання сіткографічного способу формування зображення знижується за рахунок застосування фотографічного способу, що забезпечує вищу роздільну здатність.

Фотографічний спосіб формування зображення малюнка друкованої плати заснований на використанні спеціальних фоточутливих матеріалів, що наносяться на основу. Отримання малюнка найчастіше досягається за допомогою фотошаблонів методом контактного друку, який знаходить все більш широке розповсюдження, особливе з налагодженням виробництва сухого плівкового фоторезисту та успіхами у вдосконаленні спеціального устаткування для проведення друку.

Недоліком контактної методу є обмежена роздільна здатність через нерівномірність прилягання фотошаблону до плати, лінійних спотворень фотошаблону зважаючи на його деформацію, нерівномірності засвітлення великих ділянок плати пучком паралельного світлового проміння.

Таблиця 2.3 – Порівняльна характеристика методів виготовлення друкованих плат

Метод	Мінімальна ширина провідника, мм	Переваги □	Недоліки
Субтрактивний фольга товщиною 35...50мкм (хімічний) □	0,25-1,0	Наявність оснащення для всіх типів виробництва. Висока адгезія і пластичність провідників	Витрата міді та реактивів для травлення. Великий діаметр металізованих отворів
Напівадитивний: на фольгованому діелектрику з хімічною металізацією поверхні	0,125-0,25	Висока адгезія провідників без використання адгезивів. Використання нефольгованого матеріалу.	Великий діаметр металізованих отворів. Збереження операції травлення. Необхідність активації і часткової металізації. Великий діаметр отворів.
Адитивний	0,125...0,25	Використання не дорогого матеріалу. Виключення травлення міді. Висока однорідність структури і чистота осадження міді. Висока продуктивність і вихід якісних плат. Малий діаметр металізованих отворів.	Низька швидкість осадження міді та складність контролю за процесом металізації. Непридатність для дрібносерійного виробництва
Адитивний безрезистний (типу «фотоформ»)	0,075-0,125	Ті ж, що у адитивного, а також: виключення фоторезистів, зменшення трудомісткості, можливість повної автоматизації, висока щільність малюнка.	Ті ж, що у адитивного.

2.4 Вибір матеріалу основи ДП

Матеріал основи ДП вибирається виходячи наступних чинників:

- електричних характеристик (частотний діапазон, пробивна напруга тощо);
- кліматичних дій (температура і вологість);
- стійкості до механічних дій (міцність, жорсткість, ударна в'язкість тощо);
- типу друкованої плати (кількість шарів) і способу її виготовлення.

Матеріали друкованих плат вибирають по ДСТУ. Для основи зазвичай використовують ізоляційні матеріали типу фольгованих пластмас. Найбільшого поширення у виробництві ДП набули фольгований гетинакс марок ГФ-1 (фольгований з одного боку), ГФ-2 (фольгований з двох сторін) і фольгований склотекстоліт марок СФ-1 (фольгований з одного боку), СФ-2 (фольгований з двох сторін). Окрім матеріалу основи на такі властивості ДП, як жорсткість та теплопровідність, робить

вплив і його товщина. Найбільше поширення в застосуванні набули товщини 1,0 і 1,5 мм. Товщина 1,0 мм зазвичай використовується для плат з габаритами сторін не більше 100 мм.

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

3.3 Розрахунок геометричних параметрів друкованої плати і друкованого монтажу

У ході конструювання електронного засобу необхідно розрахувати усі параметри друкованого монтажу. Це дозволить створити друковану плату оптимальних розмірів і з потрібною функціональністю.

Розрахунок мінімальної площі плати

Щоб розрахувати мінімальну площу друкованої плати слід врахувати габаритні розміри всіх радіоелементів плати (малогабаритних, середньогабаритних та великогабаритних).

Визначення мінімальної площі плати виконується згідно наступної формули:

$$S_{\text{м}} = 2,5 \cdot S_{\text{м2}} + 1,8 \cdot S_{\text{с2}} = 1,2 \cdot S_{\text{м2}}, \quad (2.1)$$

де $S_{\text{с2}}$ – сумарна встановлювальна площа великогабаритних ЕРЕ;

$S_{\text{с2}}$ – сумарна встановлювальна площа середньогабаритних ЕРЕ;

$S_{\text{м2}}$ – сумарна встановлювальна площа малогабаритних ЕРЕ.

Визначивши розміри друкованої плати, необхідно обрати корпус, в якому буде розміщена плата, всі органи керування та всі складові частини приладу.

Головними критеріями під час вибору корпусу є габаритні розміри та міцність. Габаритні розміри приймаються, з врахуванням найбільших розмірів складових елементів приладу. Також вибираючи корпус необхідно звернути увагу, що в ньому мають бути отвори кнопок встановлення режимів.

Розрахунок діаметрів монтажних отворів та діаметрів контактних площадок

Для розрахунку діаметрів монтажних отворів, діаметрів або отворів контактних майданчиків використовують формули:

$$D_{\text{min}} = (d_0 + \Delta d_{\text{с.о.}}) + 2 \cdot b + \Delta t_{\text{с.о.}} + \Delta t_{\text{м.р.}} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{н.о.}}^2)^{0,5} \quad (2.2)$$

де $\Delta d_{\text{с.о.}}$ – верхнє граничне відхилення діаметру отвору;

$\Delta t_{\text{с.о.}}$ – верхнє граничне відхилення діаметру контактної площадки;

$\Delta t_{\text{мр}}$ – значення підтравлення діелектрику в отворі;

$\Delta t_{н.о}$ – нижнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика та ширини друкованого провідника;

T_d – значення позиційного допуску розташування осей отворів у діаметральному вираженні;

T_D – значення позиційного допуску розташування центрів контактних майданчиків у діаметральному вираженні.

Розрахувавши діаметри монтажних отворів та діаметри контактних майданчиків слід переходити до розрахунків габаритів (ширини) друкованих провідників.

Мінімальна ширина провідників і величина зазорів – основні фактори, що впливають на трасувальні властивості друкованої плати. Однак це стосується лише слабкострумових електричних кіл, для яких перетин друкованих провідників не є обмеженим. Але на ДП часто присутні кола, що несуть чималі струмові навантаження. Їх слід конструювати не з мінімальними значеннями друкованих провідників, а з врахуванням конкретного струмового навантаження з умов виключення небезпечного перегріву цих провідників. Крім того, не виключено, що суміжні провідники будуть перебувати під високим потенціалом, тому зазори між ними повинні витримувати відповідну напругу.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника у вузькому місці визначається за формулою.

$$t = t_{\min D} + |\Delta t_{н.о}|, \quad (2.3)$$

де $t_{\min D}$ – мінімально допустима ширина провідника, що розраховується в залежності від допустимого струмового навантаження;

$\Delta t_{н.о}$ – нижнє граничне відхилення розмірів ширини друкованого провідника.

$$\Delta t_{н.о} = -0,05 \text{ мм};$$

$$t_{\min D} = 0,25 \text{ мм};$$

Мінімальне значення ширини друкованого провідника у широкому місці визначається також за формулою (2.3), але мінімальне значення номінальної ширини провідника та допуск на ширину провідника буде відрізнятися від попередніх:

$$\Delta t_{н.о} = -0,1 \text{ мм};$$

$$t_{\min D} = 0,45 \text{ мм};$$

Мінімально допустиму ширину провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%) розраховують за формулою:

$$t_{\min D} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot l}{h \cdot U_{\text{дон}}}, \quad (2.4)$$

де $\rho = 0,0175 \frac{\text{мм}^2}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$ – питомий опір провідника;

l , м – максимальна довжина провідника;

$U_{\text{доп}}, B$ – допустима робоча напруга;

$h = 50 \cdot 10^{-3}$ мм – товщина фольги;

I, A – максимальний струм в колі.

Мінімально допустиму ширину провідника з урахуванням допустимого рівня струму на ньому розраховують згідно формули:

$$t_{\text{min}D} = \frac{I_{\text{max}}}{j_{\text{доп}} \cdot h} \quad (2.5)$$

де I_{max}, A – максимальний постійний струм, що протікає в колі; $h = 50 \cdot 10^{-3}$ мм – товщина фольги;

$j_{\text{доп}}$ – допустима щільність струму в провіднику.

Розрахунки зазорів між елементами друкованого монтажу

Для розрахунку найменшої номінальної відстані між елементами провідникового малюнка можна розрахувати за формулою:

$$S_{\text{м}} = S_{\text{м}0} + \Delta t_{\text{в.о}}, \quad (2.6)$$

де $S_{\text{м}0}$ мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами;

$\Delta t_{\text{в.о}}$ – допуск на ширину провідника.

Розрахунок мінімальної відстані для прокладання одного провідника між двома контактними площадками

Мінімальна відстань l у вузькому місці для прокладання по ньому трас n провідників розраховується за формулою:

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + n \cdot t + S_{\text{м}} \cdot (n + 1) + T_1 \quad (2.7)$$

де D_1 , мм – діаметр контактної майданчика №1;

D_2 , мм – діаметр контактної майданчика №2;

n – кількість провідників;

$T_1 = 0,05$ – значення позиційного допуску;

$S_m = 0,25$ – мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами;

T , мм – ширина провідника.

Розрахунок мінімальної відстані між двома контактними майданчиками

Для визначення відстані між контактними майданчиками варто скористатись формулою: [9]

$$L_{к.т} = \frac{D_1 + D_2}{2} + S_m + T, \quad (2.8)$$

де D_1 , мм – діаметр контактної майданчика №1;

D_2 , мм – діаметр контактної майданчика №2;

S_m , мм – мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами;

T , мм – міжосьова відстань.

3.4 Розробка конструкції друкованої плати

Процес виробництва друкованих плат пройшов довгий шлях від приклеювання мідної фольги до діелектрика і ручного лудіння до складних автоматизованих хімічних і електрохімічних процесів. Якість, ремонтпридатність, а також габаритні розміри готової продукції багато в чому залежать від якості виготовлення ДП.

Технологічний процес створення друкованої плати включає наступні операції:

- 1) вирізання заготовок та свердління базових отворів;
- 2) металізація ДП виконується шляхом декількох хімічних реакцій осадження міді, яка використовується як шар під час нанесення основного шару струмопровідного рисунка;
- 3) гальванічна металізація потрібна для збільшення шару хімічної міді для наступного нанесення на плату провідного шару;
- 4) нанесення струмопровідного рисунка;
- 5) хімічне травлення або фрезерування міді має на меті формування провідного рисунка схеми.
- 6) змивання захисної маски після операції травлення.

7) гальванічне нанесення металорезиста на доріжки ДП.

8) нанесення захисного покриття на ДП проводиться в спеціальній розпилювальній камері. Тут захисними матеріалами можуть використовуватися лаки, флюси ацитоноканіфольні або спиртоканіфольні.

В ході виконання курсової роботи здобувач приймає рішення здійснювати конструювання плати за допомогою одного з програмних пакетів Sprint Layout, Altium Design, EasyEDA, KiCad, ExpressPCB тощо.

Трасування може виконуватися вручну або з використанням систем автоматизованого проектування (САПР) ДП. Якість готового виробу, зокрема друкованої плати, багато в чому визначається вибраною технологією пайки ЕРЕ. Прогресивний метод пайки – пайка хвилею припою, накладає додаткові обмеження на вигляд і розташування елементів друкованого малюнка.

Основні вимоги, обумовлені застосуванням вказаного технологічного процесу.

1. Провідники мають бути розташовані рівномірно по платі і паралельно один одному. Це дозволяє уникнути перегрівання окремих ділянок плати, оскільки теплоємність і теплопровідність фольги і матеріалу основи дуже розрізняються.

2. Не мають бути більше трьох провідників, що виходять з однієї контактної площинки під кутом менше 45° . Інакше можливе збирання крапель припою у вказаних місцях.

3. Доріжки повинні мати по можливості один розмір і не перевищувати розмір контактної площинки.

4. Не повинно бути різких перегинів провідників для уникнення збирання припою в краплі в таких місцях.

5. Не повинно бути контактних площинок надмірної площі (більше 8 мм^2). Недотримання цього правила може привести до перегрівання і відшаровування фольги, що проводить, від основи і розтікання припою по контактній площинці з утворенням з'єднання з малою механічною міцністю.

6. Необхідно уникати перетину однією доріжкою іншою, якщо їх товщина відрізняється більш ніж в два рази.

7. Друкований провідник, що проходить між двома КП, слід розташовувати так, щоб його вісь була перпендикулярна лінії, що сполучає центри отворів.

8. Якщо довжина провідника більше 70 мм, то доцільно передбачити додаткові КП (чи металізовані отвори) для надійнішого зчеплення друкованих провідників з основою.

9. Забороняється прокладення провідників під корпусами навісних елементів, коли між ними існує різниця потенціалів. Інакше збільшується можливість корозійного руйнування друкованого провідника.

10. Перехід провідника з одного боку на іншу повинен здійснюватися тільки через отвори. Конструктивна реалізація деяких рекомендацій по прокладенню провідників представлена на рис. 2.8.

Особливо слід зупинитися на Т-подібних з'єднаннях провідників (рис. 2.7 а, г).

Як правило, така реалізація з'єднань призводить до зменшення сумарної довжини провідників і виключення гострого кута між провідниками, що виходять з однієї контактної площинки. Проте цей варіант не забезпечує паралельності доріжок з напрямом хвилі припою при пайці хвилею припою. Тому в сучасних пакетах САПР ДП при налаштуванні програм-трасувальників можна дозволити або заборонити формування Т-з'єднань при автоматизованій розводці. Як правило, таке з'єднання може застосовуватися для двосторонніх ДП в шарі, розташованому з боку установки ЕРЕ (за винятком плат з поверхневим монтажем компонентів при пайці хвилею припою).

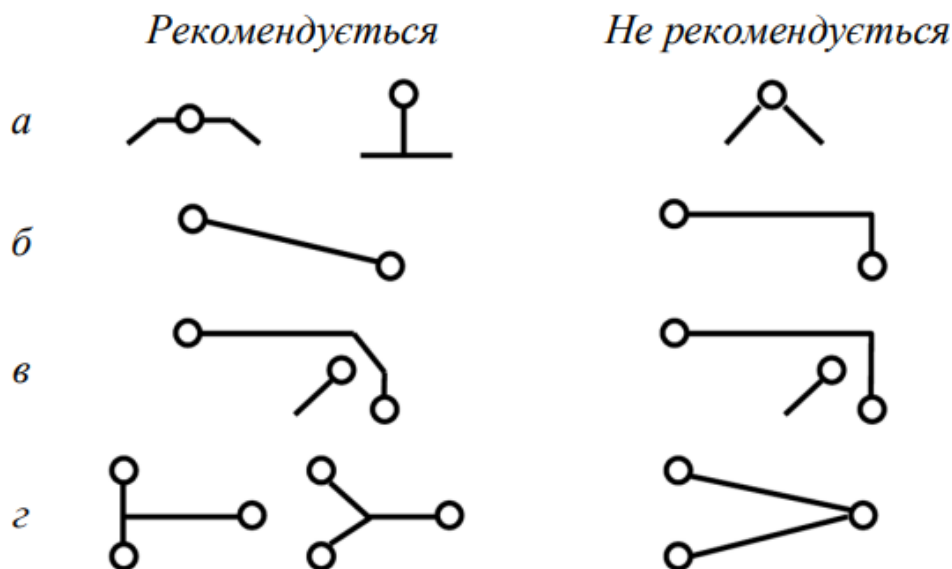


Рисунок 2.7 – Топологія деяких варіантів з'єднань провідників

У ряді випадків рекомендується заміна Т-подібних з'єднань на Y-подібні (рис. 2.8, г). Така побудова з'єднань дозволяє зменшити самозбудження схем підсилювальних каскадів.

На рис. 2.8 представлені рекомендовані і не рекомендовані способи формування контактних площинок.

Несиметричне розташування контактної площинки відносно провідника (рис. 2.9, а, в) приводить і до асиметрії паяного з'єднання. У разі виконання широких провідників в зоні контактної площинки (рис. 2.8, б, г, д, е) можливе витікання розплавленого припою з області паяного з'єднання (монтажних отворів) у бік широкого провідника, що знижує якість пайки. Один з методів боротьби з вказаним ефектом (окрім приведених на рис. 2.8) припускає наявність паяльної маски (наприклад епоксидної), проте він збільшує вартість ДП.

При формуванні контактних площинок для виводів мікросхем і мікрозбірок на контактній площинці, до якого буде припаяний перший вивід роблять ключ у вигляді «вусика», спрямованого убік від провідників, або КП повинна мати вигляд відмінний від інших. Таке рішення зменшує кількість помилок при установці багатовивідних компонентів.

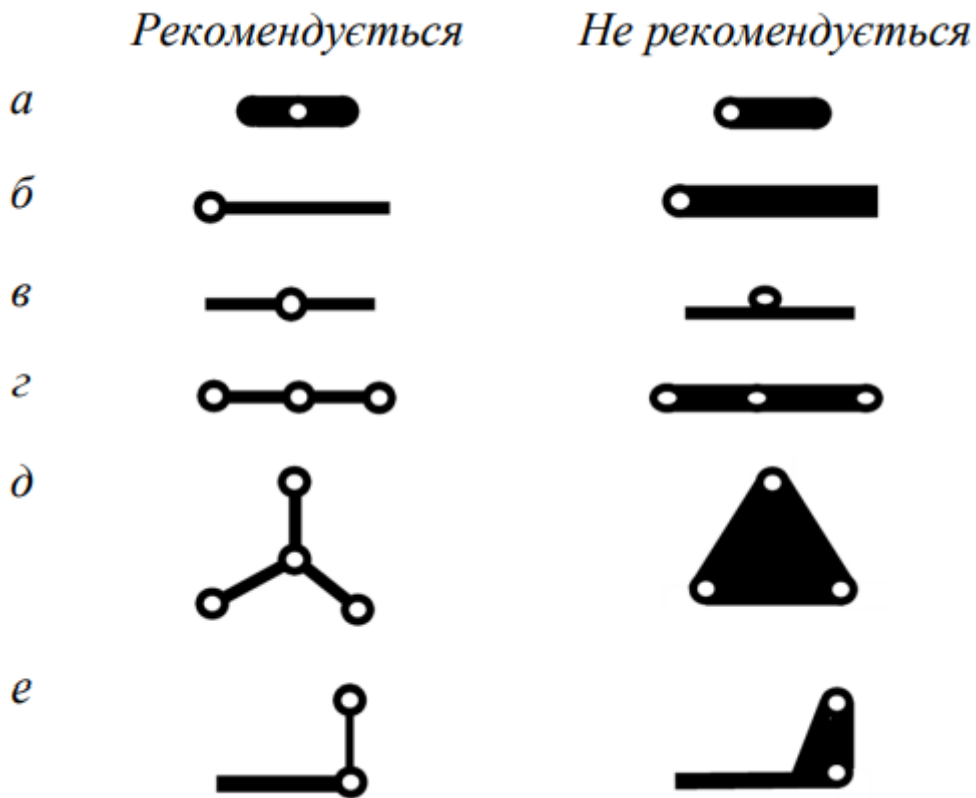


Рисунок 2.8 – Способи формування контактних площинок
 Варіанти вирішення проблеми вузьких місць на платі представлені на рис. 2.10.

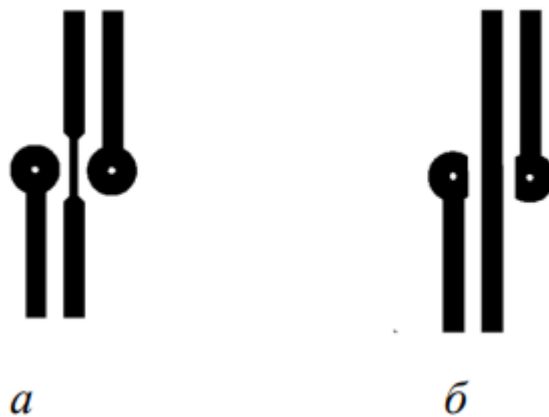


Рисунок 2.9 – Варіанти рішення проблеми вузьких місць ДП :
 а - шляхом звуження друкованого провідника;
 б - шляхом звуження контактних площинок

Одним з найважливіших етапів розробки є розміщення компонентів та трасування плати. При неправильному розміщенні елементів зростає довжина провідників, що в результаті може призвести до неочікуваних наслідків, і правильно розроблений блок може непрацювати через неякісне трасування.

У ЗАГАЛЬНИХ ВИСНОВКАХ здобувач оцінює повноту вирішення поставлених задач, а також викладає прикінцеві положення роботи, в яких узагальнюються

результати досліджень. Доцільно навести основні кількісні характеристики результатів досліджень (наприклад, ступень покращення характеристик, параметрів).

Перелік інформаційних джерел, на які є посилання в основній частині, наводять з нової сторінки. Бібліографічні описи в переліку посилань подають у порядку, за яким вони вперше згадуються в тексті пояснювальної записки або в алфавітному порядку.

Порядкові номери описів у переліку є посиланнями в тексті (номерні посилання).

Перелік посилань виконується згідно вимог ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання». У бібліографічний перелік не включаються ті джерела, на які немає посилань в основному тексті та які не були фактично використані у роботі [2].

У додатках подають матеріал, який є необхідним для повноти пояснювальної записки і не може бути розміщений в основній частині через те, що:

а) його включення в основну частину може порушити впорядковане і логічне викладення суті роботи;

б) матеріал має завеликий обсяг.

Типи додатків:

- додаткові ілюстрації або таблиці;
- звіт про патентний пошук;
- проміжні математичні доведення, формули, розрахунки;
- протоколи випробувань;
- інструкції, методики, керівництва користувача;
- опис комп'ютерних програм, розроблених під час виконання роботи;
- опис нової апаратури і приладів, що використовувались під час виконання проведення експериментів і випробувань.

За формою додатки можуть являти собою текст, таблиці, графіки, фотографії та ксерокопії.

Додатки позначаються прописними літерами згідно алфавіту, за винятком букв Г, Є, З, И, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, наприклад, «Додаток А», «Додаток Б» тощо.

Додатки не підлягають нумерації сторінок.

2.4 Пояснювальна записка

Пояснювальна записка виконується на аркушах формату А4 (210×297 мм), які зшиваються у том.

Титульний лист і завдання на курсову роботу – це спеціальні бланки, які заповнюються згідно форми (Додатки А, Б).

Текст пояснювальної записки друкується комп'ютерним набором на аркушах формату А4.

Номери сторінок проставляються з листа «Анотація», а відлік починається з титульного листа. Специфікації та переліки елементів в структуру пояснювальної записки не входять, а тому і номери сторінок на них не проставляються.

Основний текст набирається шрифтом Time New Roman Cyr розміром 14 пт з полуторним інтервалом і вирівнюванням по ширині. Абзацний відступ – 1 см. Поля: ліве – 3 см; верхнє – 1,5 см; нижнє – 1,5 см; праве – 1,5 см.

Заголовки розділів – прописними літерами розміром 14 пт з напівжирним виділенням, вирівнювання – по центру.

Заголовки підрозділів – малими літерами 14 пт з напівжирним виділенням. Відступи перед і після назви розділу – 1,5 інтервалу.

Кожен розділ починається з нового аркуша. Розділи нумеруються арабськими цифрами, в порядку їх подання. Розділи «АНОТАЦІЯ», «ЗМІСТ», «ВСТУП», «ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ» не нумеруються.

Заголовки підрозділів нумеруються в порядку їх подання в розділі – 1.1; 1.2; ..., де перша цифра – номер розділу, цифра після крапки – номер підрозділу. За необхідності нумерації частин підрозділу, застосовується така ж система нумерації – 1.1.1; 1.1.2; 1.1.3,

Заголовки розділів і підрозділів відображаються у «Змісті», заголовки частин підрозділів у зміст не вносяться. Крапка після назви розділу, підрозділу не ставиться.

Заголовки структурних елементів КР та заголовки розділів треба друкувати з абзацного відступу великими літерами напівжирним шрифтом без крапки в кінці. Рекомендується їх розміщувати посередині рядка. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів КР потрібно друкувати з абзацного відступу з великої літери без крапки в кінці. Якщо заголовок складається з кількох речень, їх розділяють крапкою. Розривати слова знаком переносу в заголовках заборонено. Не дозволено розміщувати назву розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту на останньому рядку сторінки.

Усі графічні матеріали КР (ескізи, діаграми, графіки, схеми, фотографії, рисунки, кресленики тощо) повинні мати однаковий підпис «Рисунок». Рисунок подають одразу після тексту, де вперше посилаються на нього, або якнайближче до нього на наступній сторінці, а за потреби – в додатках.

Рисунки нумерують в межах кожного розділу. Номер рисунка складається з номера розділу та порядкового номера рисунка в цьому розділі, які відокремлюють крапкою, наприклад, «Рисунок 3.2» – другий рисунок третього розділу. Рисунки кожного додатка нумерують окремо. Номер рисунка додатка складається з позначки додатка та порядкового номера рисунка в додатку, відокремлених крапкою. Наприклад, «Рисунок В.1 », тобто перший рисунок додатка В.

Назва рисунка має відображати його зміст, бути конкретною та стислою. За потреби пояснювальні дані до рисунка подають безпосередньо після графічного матеріалу перед назвою рисунка. Назву рисунка друкують з великої літери та розміщують під ним посередині рядка, наприклад, «Рисунок 2.1 – Схема устаткування».

Таблицю подають безпосередньо після тексту, у якому її згадано вперше, або на наступній сторінці. На кожну таблицю має бути посилання в тексті КР із зазначенням її номера.

Горизонтальні й вертикальні лінії, що розмежовують рядки таблиці, можна не наводити, якщо це не ускладнює користування таблицею.

Таблиці нумерують в межах розділу. Номер таблиці складається з номера розділу та порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, «Таблиця 2.1» – перша таблиця другого розділу. Таблиці кожного додатка нумерують окремо. Номер таблиці додатка складається з позначення додатка та порядкового номера таблиці в додатку, відокремлених крапкою. Наприклад, «Таблиця В.1» тобто перша таблиця додатка В (рис. 2.10).

Назва таблиці має відображати її зміст, бути конкретною та стислою. Назву таблиці друкують з великої літери і розміщують над таблицею з абзацного відступу. Більш детальна інформація по оформленню таблиць наведена в ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».

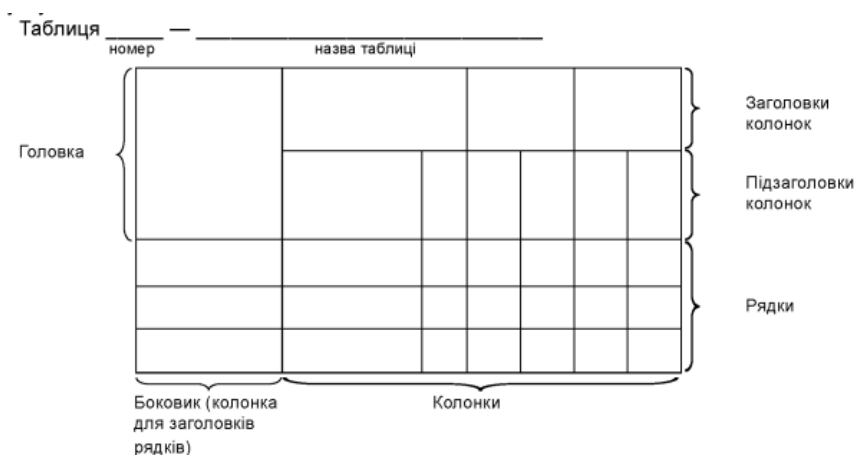


Рисунок 2.10 – Оформлення таблиці

Таблиці розташовуються в тексті, їх ширина не повинна перевищувати ширину рядка.

Формули та рівняння подають посередині сторінки симетрично тексту окремим рядком безпосередньо після тексту, у якому їх згадано.

Формули та рівняння, треба нумерувати в межах кожного розділу. Номер формули чи рівняння друкують на їх рівні праворуч у крайньому положенні в круглих дужках, наприклад (3.3). У багаторядкових формулах або рівняннях їхній номер проставляють на рівні останнього рядка. У кожному додатку номер формули чи рівняння складається з великої літери, що позначає додаток, і порядкового номера формули або рівняння в цьому додатку, відокремлених крапкою, наприклад (А.3).

Пояснення позначень, які входять до формули чи рівняння, треба подавати безпосередньо під формулою або рівнянням у тій послідовності, у якій їх наведено у формулі або рівнянні.

Для набирання формул рекомендується застосовується редактор формул Microsoft Equation. Шрифт для формул – Symbol, для тексту у формулах – Roman Cyr. Розмір:

звичайний 14 пт, крупний індекс – 7 пт, дрібний індекс – 7 пт, крупний символ – 18 пт, дрібний символ – 14 пт.

Приклад оформлення математичної формули:

Відомо що

$$Z = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \quad (2.9)$$

де M_1, M_2 – математичне очікування;

$\sigma_1^2 + \sigma_2^2$ – середні квадратичні відхилення.

У формулах і / чи рівняннях верхні та нижні індекси, а також показники степеня, в усьому тексті КР мають бути однакового розміру, але меншими за букву чи символ, якого вони стосуються. Переносити формули чи рівняння на наступний рядок дозволено лише на знаках виконуваних операцій, які пишуть у кінці попереднього рядка та на початку наступного. У разі перенесення формули чи рівняння на знакові операції множення застосовують знак «×». Перенесення на знаку ділення «:» слід уникати. Кілька наведених і не відокремлених текстом формул пишуть одну під одною і розділяють комами.

Нумерацію сторінок пояснювальної записки рекомендується виконувати після перевірки всіх розділів і внесення правок.

2.5 Зміст графічних матеріалів

Основу курсової роботи складають графічні матеріали, які відображають конкретний результат виконаної роботи. Графічні матеріали подаються у вигляді конструкторських та технологічних креслень, схем, графіків і виконуються на аркушах потрібного формату та (або) у вигляді презентації.

Кількість аркушів графічного матеріалу рекомендується 1 лист формату А1.

Склад графічного матеріалу, що використовується у курсовій роботі:

- 1) електрична структурна та (або) функціональна схема розробки;
- 2) електрична принципова схема розробки;
- 3) креслення з конструкторської частини. Наприклад, це може бути: топологія друкованої плати, що використовується в складі розробки; складальне креслення, електромонтажне креслення або креслення загального вигляду розробки, 3D ескізи друкованої плати або друкованого вузла.

4) додаткові креслення залежать від того, яка елементна база використовується у роботі.

Додатково до складальних креслень виконується специфікації, а для схем – перелік елементів. Ці документи виконуються на аркушах формату А4 і підшиваються вкінці пояснювальної записки.

Креслення виконуються на основі комп'ютерної графіки з використанням програм автоматичного проектування, наприклад, ACad, SOLIDWORKS, Sprint Layout, Altium Design, EasyEDA, KiCad, ExpressPCB тощо.

Всі графічні матеріали, та аркуші пояснювальної записки мають відповідне службове позначення.

3. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО КУРСОВИХ РОБІТ ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ НАЛЕЖНИЙ СТУПІНЬ УНІКАЛЬНОСТІ РОБІТ

Положення №553 зі змінами №808 про протидію та запобіганню академічному плагіату у кваліфікаційних роботах/проектах здобувачів вищої освіти у ЛНТУ, протокол Вченої ради №3 від 24.10.2023 р. введено в дію наказом № 182-05-35, від 07.05.2020р.

3.1 Визначення термінів

Академічний плагіат – навмисне відтворення здобувачем вищої освіти у письмовій або електронній формі чужого твору, опублікованого на паперовому або офіційно оприлюдненого на електронному носії, повністю або частково, під своїм іменем без посилання на автора (ст. 69 ЗУ «Про вищу освіту» та ст. 42 ЗУ «Про освіту»).

Різновиди плагіату:

- видання виконаної роботи іншого автора за свою без внесення в неї жодних змін та належного оформлення цитування;

- копіювання значної частини чужої роботи в свою без внесення в запозичене жодних змін та належного оформлення цитування;

- представлення суміші власних та запозичених аргументів без належного цитування; внесення незначних правок у скопійований матеріал (переформулювання речень, зміна порядку слів в них тощо) та без належного оформлення цитування;

- компіляція – створення значного масиву тексту шляхом копіювання із різних джерел без внесення в нього правок, посилань на авторів та «маскуванням» шляхом написання перехідних речень між скопійованими частинами тексту.

Цитата – порівняно короткий уривок з наукового, методичного або будь-якого іншого опублікованого твору, який використовується, з обов'язковим посиланням на його автора і джерела цитування, іншою особою у своєму творі з метою зробити зрозумілими свої твердження, зафіксувати аналогічні рішення для подальшої модернізації, продемонструвати попередні результати досліджень інших авторів або для посилання на погляди іншого автора в автентичному формулюванні, (ЗУ «Про авторське право і суміжні права»).

В процесі написання курсової роботи автор повинен обов'язково посилатися на авторів (укладачів) і джерела, з яких він запозичив матеріали або окремі результати. Тому необхідно неухильно дотримуватися загальноприйнятих та стандартизованих правил цитування і посилань на наукові джерела та матеріали, тощо.

Курсова робота повинна бути виконана автором самостійно і містити запропоновані для прилюдного захисту положення, які мають теоретичне або прикладне значення. Академічний плагіат, свідоме зловживання авторськими правами іншого автора неприпустимі.

3.2. Забезпечення належного ступеню унікальності текстів

Метою перевірки письмових робіт здобувачів вищої освіти є встановлення ступеню унікальності текстів. Належний рівень унікальності текстів курсових робіт є необхідною умовою дотримання норм академічної доброчесності їхніми авторами, гарантування якості виконаної роботи та формування у цілому культури якості освіти Університету.

Перевірка робіт з метою встановлення ступеню унікальності текстів передбачає інструментальне дослідження тексту роботи та експертне оцінювання цього рівня.

Інструментальне дослідження унікальності тексту роботи в електронному вигляді проводиться з метою виявлення ознак запозичень для подальшого встановлення характеру запозичень, що у сукупності можуть вказувати на несумлінну роботу здобувача вищої освіти, педагогічного, науково-педагогічного працівника (гаранта освітньої програми, керівника, консультанта) недбале виконання роботи її компілятивний характер і відсутність власних розробок автора роботи.

Інструментальне дослідження текстів робіт проводиться відповідно до Положення №552 «Про проведення інструментальної перевірки на академічний плагіат текстів рукописів кваліфікаційних робіт / проектів здобувачів вищої освіти, рукописів дисертацій та рукописів статей поданих до публікування у періодичних виданнях у Луцькому національному технічному університеті» (Введено в дію наказом № 182-05-35 від 07.05.2020 року) [6].

Експертне оцінювання характеру запозичень у випускних роботах здобувачів вищої освіти проводиться гарантом освітньої програми, завідувачем кафедри чи уповноваженими ними особи;

За результатами інструментальної перевірки і експертного оцінювання текст роботи / проекту може мати такий рівень унікальності:

–«допустимий», якщо показник запозичень тексту становить 0...35% – робота / проект допускається до захисту;

–«низький», якщо показник запозичень тексту становить 35...65% – здобувачу вищої освіти необхідно перевірити та виправити посилання, робота потребує доопрацювання та повторної перевірки на академічний плагіат;

–«незадовільний», якщо показник запозичень тексту становить більше 65% - матеріал до розгляду не приймається.

Здобувачі, курсові роботи/проекти яких пройшли перевірку з допустимим рівнем унікальності тексту допускаються до захисту.

У разі встановлення курсових робіт з низьким рівнем унікальності тексту, експертна комісія повідомляє здобувача вищої освіти про можливість доопрацювати курсову роботу з метою забезпечення допустимого рівня унікальності тексту протягом 7 днів з моменту отримання

3.3 Порядок подання апеляцій та їх розгляд

Порядок подання апеляції та їх розгляд регламентується положенням № 574 «Про апеляцію результатів атестації здобувачів вищої освіти У Луцькому національному технічному університеті» (Введено в дію наказом №237-05-35 від 26.06.2020 року).

За якість курсових робіт здобувачів вищої освіти, дотримання нормативних вимог до їх виконання та відповідно до нормативних документів Міністерства освіти і науки України та Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти персональну відповідальність несуть: автор роботи, науковий керівник, завідувач випускової кафедри, гарант освітньої програми.

Здобувача вищої освіти можна відрахувати з Університету у разі встановлення незадовільного рівня унікальності його роботи/проекту.

4 ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ

4.1 Критерії оцінювання якості курсової роботи

Якість виконання випускної роботи оцінюється керівником вимоги, виконання яких допомагає отримати максимальну оцінку за курсову роботу:

- об'єктивне висвітлення стану питання з творчим використанням сучасних джерел інформації;
- оригінальність запропонованих технічних, технологічних, організаційних та управлінських рішень;
- практичне значення отриманих результатів;
- обґрунтування рішень та пропозицій відповідними розрахунками;
- повнота структури розрахунків (постановка задачі, розрахункова схема, рішення, оцінка рішення);
- всебічність оцінки впливу результатів (надійність системи, безпека, екологія, ресурсозбереження, тенденція сталого розвитку);
- зв'язок пояснювальної записки з графічною частиною;
- наявність посилань на джерела інформації;
- відсутність дублювання, описового матеріалу, стереотипних рішень, що не впливають на суть та висвітлення отриманих результатів;
- використання прикладних пакетів комп'ютерних програм;
- оформлення текстових та графічних документів відповідно до чинних стандартів;
- загальна та професійна грамотність, лаконізм і логічна послідовність викладу матеріалу;
- якість оформлення;
- самостійність виконання.

4.2 Порядок проведення захисту курсових робіт

Захист курсової роботи (проекту) здобувачем освіти відбувається перед комісією у складі 3-х науково-педагогічних (педагогічних) працівників кафедри за участю гаранта освітньої програми.

Курсові роботи (проекти) зберігаються на кафедрі протягом одного року, потім списуються у встановленому порядку.

Оцінювання результатів захисту курсової роботи здійснюється у порядку, передбаченому прийнятою в університеті системою контролю знань.

Критерії оцінювання курсової роботи:

90-100 балів отримує здобувач вищої освіти, який самостійно і в повному обсязі виконав курсову роботу і дає правильні і стислі відповіді на захисті, виявляє і демонструє особисті творчі здібності, вміє самостійно здобувати нові знання, демонструє ґрунтовні знання, вміння та практичні навички; без допомоги викладача знаходить та опрацьовує

необхідну інформацію, використовує набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді.

85-89 балів отримує здобувач вищої освіти, який самостійно і в повному обсязі виконав курсову роботу, але мають місце окремі недоліки непринципового характеру, здобувач дає правильні і стислі відповіді на захисті роботи. Здобувач вільно володіє програмним обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує справи і задачі у стандартних ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких є незначною, обґрунтовує та аргументує свою думку;

75-84 балів отримує здобувач вищої освіти, який самостійно і в повному обсязі виконав курсову роботу, але мають місце окремі недоліки. Здобувач вміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача, в цілому, самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати окремі аргументи для підтвердження думок.

65-74 балів отримує здобувач вищої освіти, який самостійно виконав курсову роботу, але мають місце окремі недоліки. Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, демонструє знання і розуміння основних положень з допомогою викладача може поверхнево відтворювати і аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.

60-64 балів отримує здобувач вищої освіти, який виконав курсову роботу. Здобувач володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому ніж початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні або володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу;

35-59 балів отримує здобувач вищої освіти, який нечітко сформулював мету та завдання курсової роботи. Розділи погано пов'язані між собою. Виявлено помилки в оформленні роботи. Відповіді на запитання членів комісії неточні або неповні.

0-34 балів отримує здобувач вищої освіти, який нечітко сформулював мету та завдання роботи. Розділи не пов'язані між собою. Здобувач володіє матеріалом на рівні елементарного розпізнавання і відтворення окремих фактів, елементів, об'єктів.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».
2. ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання»
3. ДСТУ EN 61188-5-1:2022 Друковані плати та вузли друкованих плат. Проектування та використання. Частина 5-1. Розгляд кріплення (земля/з'єднання). Загальні вимоги. Чинний від 31.12.2023. Вид. офіц. Київ. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості».
4. ДСТУ EN 61188-5-2:2022 Друковані плати та вузли друкованих плат. Проектування та використання. Частина 5-2. Розгляд кріплення (земля/з'єднання). Окремі компоненти. Чинний від 31.12.2023. Вид. офіц. Київ. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості».
5. ДСТУ EN 61188-1-1:2022 Друковані плати та вузли друкованих плат. Проектування та використання. Частина 1-1. Загальні вимоги. Розгляд площинності електронних вузлів. Чинний від 31.12.2023. Вид. офіц. Київ. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості».
6. ДСТУ ІЕС EN 61188-6-1:2022 Друковані плати та вузли друкованих плат. Проектування та використання. Частина 6-1. Проектування контуру. Загальні вимоги до малюнка контуру на друкованих платах. Чинний від 31.12.2023. Вид. офіц. Київ. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості».
7. ДСТУ EN 61191-6:2022 Складання друкованих плат. Частина 6. Критерії оцінки порожнин у паяних сполуках BGA та LGA та метод вимірювання. Чинний від 31.12.2023. Вид. офіц. Київ. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості».
8. ДСТУ EN 61249-2-1:2022 Матеріали для друкованих плат та інших сполучних структур. Частина 2-1. Армовані базові матеріали, плаковані та неплаковані. Ламіновані листи, армовані фенолоцелюлозним папером, економічного класу, плаковані міддю Чинний від 31.12.2023. Вид. офіц. Київ. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості».
9. ДСТУ EN 62326-1:2022 Друковані плати. Частина 1. Загальна специфікація. Чинний від 31.12.2023. Вид. офіц. Київ. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості».
10. ДСТУ EN 61189-1:2022 Методи випробування електричних матеріалів, друкованих плат та інших з'єднувальних конструкцій і вузлів. Частина 1. Загальні методи випробування та методологія чинний. Чинний від 31.12.2023. Вид. офіц.

Київ. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості».

11. Положення № 574 «Про апеляцію результатів атестації здобувачів вищої освіти У Луцькому національному технічному університеті» Введено в дію наказом №237-05-35 від 26.06.2020 року).

12. Положення №552 «Про проведення інструментальної перевірки на академічний плагіат текстів рукописів кваліфікаційних робіт/проектів здобувачів вищої освіти, рукописів дисертацій та рукописів статей поданих до публікування у періодичних виданнях у Луцькому національному технічному університеті» (Введено в дію наказом № 182-05-35 від 07.05.2020 року).

Додаток А
Форма титульного аркушу курсову роботу

Луцький національний технічний університет
Кафедра електроніки та телекомунікацій

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ (РОБОТА)

з _____
(назва дисципліни)
на тему: _____

Студента ____ курсу, групи _____
Спеціальності _____

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____
Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії

(підпис) (прізвище та ініціали)

(підпис) (прізвище та ініціали)

(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Луцьк – 20__ рік

Додаток Б
Форма бланку завдання на курсову роботу

Луцький національний технічний університет

(назва вищого навчального закладу)

Кафедра Електроніки та телекомунікацій

Дисципліна _____

Спеціальність _____

Курс _____ Група _____ Семестр _____

ЗАВДАННЯ
на курсовий проект (роботу) студента

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____

2. Строк здачі студентом закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов'язкових креслень) _____

6. Дата видачі завдання _____

К65

Конструювання електронних пристроїв та систем. Методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітніх програм «Електроніка», «Автомобільна електроніка» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171 Електроніка денної та заочної форм навчання / уклад. С. О. Приступа. Луцьк: ЛНТУ, 2025 44 с.

Комп'ютерний набір

С. О. Приступа

Редактор

С. О. Приступа

Підп. до друку “_____” _____ 2025 р.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарн. Таймс.
Ум. друк. арк. _____. Обл. – вид. арк. 3
Тираж 50 прим.

Відділ іміджу та промоцій
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75